

LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MATERIA EN LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS: ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE LA MODELIZACIÓN

Anna Garrido Espeja, Digna Couso Lagarón
Centre de Recerca en Educació Científica i Matemàtica (CRECIM), UAB

RESUMEN: Esta investigación se lleva a cabo en una asignatura del grado de primaria que tiene un doble objetivo: promover la participación en las prácticas de modelización, y promover la construcción de modelos conceptuales clave como el modelo materia-partícula. En este trabajo analizamos a escala detallada la evolución de las versiones del modelo materia de los futuros maestros, seleccionando vídeo episodios críticos donde éstos discuten en torno a este modelo. Los resultados muestran que la participación en las prácticas de modelización es un buen contexto para el aprendizaje del modelo materia-partícula, a pesar de que su construcción es un reto y no ocurre de manera lineal, sino que requiere de mucha discusión (en ocasiones aparentemente improductiva) en el aula.

PALABRAS CLAVE: formación inicial de maestros, modelo materia-partícula, prácticas de modelización.

OBJETIVOS: Desde nuestro punto de vista, el aprendizaje de las ciencias debe estar centrado en los modelos científicos clave (como contenido conceptual importante a aprender), y en las prácticas científicas escolares (como contenido a aprender y como aproximación didáctica para el aprendizaje de modelos científicos clave).

En esta investigación se pretende analizar a una escala muy detallada el proceso de construcción del modelo científico escolar clave “materia-partícula” que realizan los futuros maestros de primaria al participar en una formación inicial en ciencias centrada en la práctica científica de modelización. En concreto, investigamos en qué prácticas de modelización participan y en qué versión del modelo materia-partícula se encuentran, para identificar cómo evoluciona su modelo y qué relación tiene con las prácticas de modelización en las que participan.

MARCO TEÓRICO

Entender el aprendizaje de las ciencias como la participación en las prácticas de la ciencia es un marco que está ganando impulso tanto en la literatura de didáctica de las ciencias como en los recientes documentos educativos (NRC, 2007). Dentro de este marco, la ciencia escolar (así como la ciencia) se ve como una actividad discursiva, cognitiva y social consistente en desarrollar explicaciones, realizar investigaciones y evaluar y argumentar con pruebas (Osborne, 2014). Esto señala el papel clave de las prácticas científicas de modelización, indagación y argumentación en la escuela.

Sin embargo, estas prácticas científicas escolares no se están llevando a cabo en las escuelas. Como han señalado algunos autores, en la mayoría de las aulas de ciencias prevalece un enfoque en los productos más que en los procesos de la ciencia (Duschl & Grandy, 2008). En concreto, la práctica de la modelización rara vez se incorpora con alumnos de primaria (Schwarz et al., 2009), en parte porque los modelos, como entidades abstractas, se consideran inadecuados para los niños pequeños.

Introducir el marco de las prácticas científicas y en concreto la modelización en la escuela primaria es necesariamente una cuestión de formación del profesorado que debe comenzar en la formación inicial. Para que los maestros puedan involucrar a sus alumnos en prácticas científicas, primero han ser capaces de participar activa y adecuadamente en tales prácticas (Davis, 2003). Sin embargo, este nuevo marco plantea grandes retos que exigen formaciones bien diseñadas (Reiser, 2013), donde se trabajen las prácticas (la modelización), con las ideas científicas que abordan esas prácticas (modelos científicos).

La modelización no es sólo una práctica científica privilegiada a aprender (un nuevo contenido) sino un enfoque didáctico que considera el aprendizaje como una cuestión de participación en esa práctica. Nuestra visión se elabora a partir de la conocida propuesta de Schwarz et al. (2009), a partir de la cual consideramos que la construcción de modelos incluye cuatro prácticas: 1) el *uso* del modelo para predecir o explicar fenómenos, 2) la expresión del modelo de forma más abstracta o general, 3) la *evaluación* o cuestionamiento del modelo frente a las pruebas disponibles y 4) la *revisión* o mejora del modelo en consecuencia.

Por otro lado, en las recientes aportaciones de la literatura, se considera que el conocimiento conceptual a aprender debería ser un pequeño número de grandes ideas (Harlen, 2010) o ideas clave (NRC, 2012) en vez de muchos conceptos y teorías. Desde nuestro punto de vista, estas ideas se estructuran en modelos científicos *escolares* que tienen el potencial de explicar muchos fenómenos diferentes (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003), como el modelo materia-partícula.

La adquisición de estos modelos científicos escolares por parte de los alumnos no es una tarea fácil. Los estudiantes llegan al aula con sus propias ideas sobre los fenómenos, que están estructuradas en sus propios modelos mentales (DiSessa, 1988). Estos modelos mentales pueden estar más o menos de acuerdo con los modelos científicos a aprender y, por tanto, pueden interpretarse como diferentes versiones o niveles de los modelos científicos escolares (Gutiérrez & Pinto, 2010), que se espera que evolucionen y incrementen su complejidad. El análisis de esta evolución puede ayudarnos a identificar la trayectoria más común o la progresión de aprendizaje empírica que siguen los alumnos (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009).

CONTEXTO

Esta investigación se enmarca en un trabajo más amplio (Garrido Espeja, 2016), en el cual se fue modificando iterativamente una asignatura de 3º del grado de primaria “Didáctica de las ciencias experimentales” con el objetivo de incorporar las distintas prácticas de modelización. En concreto, se rediseñó la asignatura siguiendo un ciclo de modelización propio (Garrido Espeja, 2016) inspirado en otras secuencias de modelización de la literatura.

La asignatura, que consta de 12 sesiones distribuidas a lo largo de un trimestre, tiene como objetivo que los futuros maestros construyan versiones adecuadas de los modelos científicos escolares clave (de geología, química, física y biología) y que participen en las prácticas científicas de modelización. Para ello, los alumnos de la asignatura participan en actividades que siguen el ciclo de modelización propuesto, en un contexto de laboratorio donde se discute en pequeño grupo y se promueve buscar explicaciones para dar sentido a los fenómenos paradigmáticos propuestos. La propuesta didáctica específica presentada en esta comunicación consiste en intentar explicar a un nivel microscópico la reducción de volumen medida al mezclar agua y alcohol.

METODOLOGÍA

Para analizar cómo evolucionan las prácticas de modelización de los futuros maestros y sus versiones del modelo materia a lo largo de la secuencia de enseñanza y aprendizaje, grabamos en video y audio las sesiones del curso 2014-15, con un total de 80 alumnos matriculados. En concreto se siguió a seis grupos de trabajo, cada uno formado por entre cuatro y seis futuros maestros. También recopilamos las producciones escritas de cada participante al final de la sesión.

En una primera etapa del análisis de datos, transcribimos y codificamos episodios de video usando el software de análisis cualitativo *Atlas.ti*. Para codificar los datos, se seleccionó como unidad de análisis cualquier parte del discurso (enunciado, intervención, dibujo, frase o parte de la discusión) en el que se estaba llevando a cabo una práctica de modelización y/o una nueva versión del modelo materia.

Siguiendo nuestro marco teórico de las prácticas de modelización, categorizamos el discurso de los futuros maestros según si usaban (*USA*), expresaban (*EXP*), evaluaban (*EVA*) o revisaban (*REV*) su modelo. Paralelamente, se realizó un análisis para identificar las versiones del modelo materia que se podían inferir de las intervenciones o producciones de los participantes. Estas versiones se organizaron en 4 niveles como una progresión, desde una versión inicial o sencilla (nivel 1) hasta versiones más adecuadas o sofisticadas del modelo científico escolar (nivel 4). Estos niveles fueron inicialmente predefinidos en base a la literatura sobre ideas alternativas de los estudiantes y progresiones de aprendizaje del modelo materia (Smith et al. 2006; Talanquer 2009) y fueron refinados empíricamente e iterativamente. La Tabla 1 muestra los niveles con ejemplos reales de transcripciones.

Tabla 1.
Definición de los niveles del modelo materia-partícula usados para el análisis.

Nivel del modelo	Definición de la categoría	Ejemplos (extractos de transcripciones)
M4	La configuración microscópica concreta de las partículas (disposición, velocidad de vibración,...) provoca propiedades macroscópicas concretas (densidad, temperatura,...).	"La mezcla de agua y alcohol no es 100ml., es un poco menos. Esto se debe a las diferentes densidades de alcohol y agua que hacen que el alcohol (que es menos denso) ocupe los espacios que las moléculas de agua dejan vacías. La interacción de estos dos líquidos causa este resultado." (A3, Producción final).
M3	La configuración microscópica (disposición interna de las partículas) está relacionada o afecta a las propiedades macroscópicas del material.	"Las partículas de alcohol ocupan los espacios entre las partículas de agua." (A5, Producción final).
M2	Las propiedades microscópicas y macroscópicas son las mismas (las partículas tienen las mismas propiedades que el material).	"Las nuevas partículas creadas ocupan menos espacio" (S9, discusión en el episodio 1).
M1	Sólo se tienen en cuenta las propiedades macroscópicas.	"El alcohol sube y el agua baja y hay una parte en el medio que se mezcla, porque el agua acepta alcohol" (A8, discusión en el episodio 1)

RESULTADOS

En la Figura 1 mostramos un ejemplo representativo de los resultados, consistente en un fragmento de discusión del grupo 2, codificados los participantes con los códigos A7-A11. Los recuadros que engloban los códigos de estos 5 participantes están situadas verticalmente según la práctica de modelización en la que participan (usar, expresar, evaluar o revisar) y coloreados en relación a la versión del modelo que muestran (siguiendo el gradiente de color usado en la Tabla 1). Horizontalmente los gráficos

muestran la evolución del tiempo dentro del episodio. Esta representación nos permite identificar simultáneamente los patrones de modelización y la evolución de la versión del modelo mental de los futuros maestros a lo largo de las discusiones.

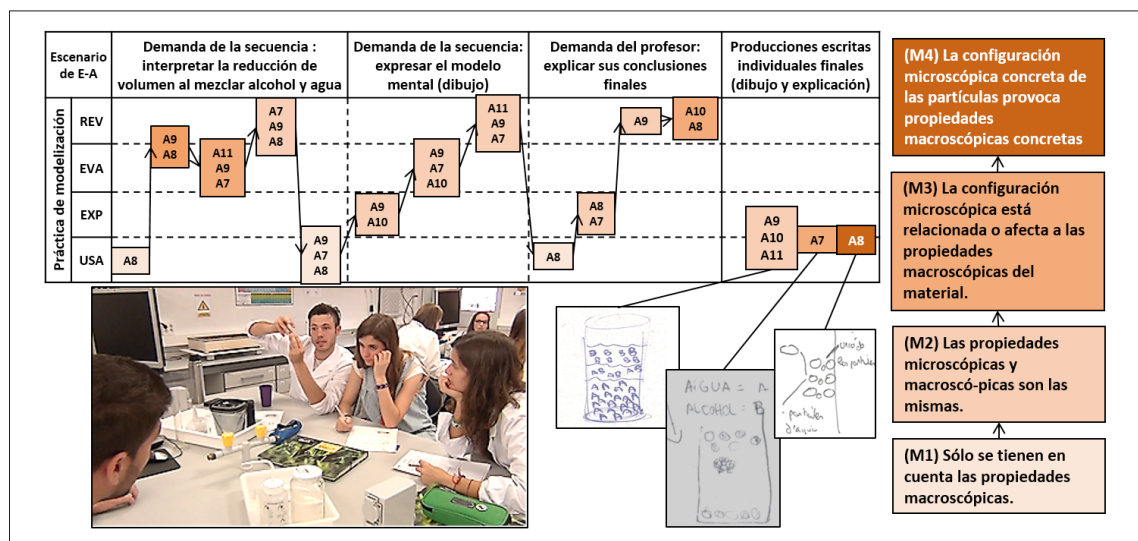


Fig 1. Evolución de las prácticas de modelización de los futuros maestros (USA, EXP, EVA y REV) y las versiones del modelo materia-partículas (M1-M4) cuando los alumnos del grupo 2 (A7-A11) discuten sobre la reducción de volumen en una mezcla de alcohol y agua.

La Figura 1 muestra un episodio representativo de evolución global positiva, en el cual las versiones del modelo de los futuros maestros se van aproximando hacia el modelo materia-partícula escolar al que se quiere llegar (M4) pero de una manera desorganizada: los futuros maestros avanzan y retroceden en el modelo a lo largo de la discusión. De hecho, esta desorganización o vaivén en el avance del modelo parece tener cierto potencial para su mejora. Por ejemplo, el retroceso explícito a un modelo no adecuado (M1) por parte de algunos participantes (A7 y A8) en un momento de la discusión parece ser crucial para permitir la aparición de modelos mucho más sofisticados en sus producciones finales (M3 y M4 respectivamente).

Sin embargo, la aparición de versiones más sofisticadas del modelo en algún momento de las discusiones no implica necesariamente que todos los participantes incorporen esa versión del modelo, ni siquiera quien lo ha expresado. Un ejemplo es la aparición del nivel M3 al inicio de la discusión por la mayoría del grupo (A7, A8, A9 y A11) que permite a uno de ellos (A8) avanzar al máximo nivel en su producción final (M4), pero no implica el mismo tipo de evolución para sus compañeros (A9 y A11), que retroceden a versiones más sencillas (M2). De hecho, nuestros datos muestran que a lo largo de las actividades y para diferentes grupos y modelos, muchas ideas emergentes de alto nivel no se discuten productivamente y se pierden.

Por último, los distintos resultados obtenidos señalan la dificultad que suponen los escenarios autoguiados, que aunque se benefician de la rica actividad de modelización que se da (los alumnos participan en todas las prácticas de modelización), sugieren la necesidad de una orientación específica del profesor en algunos momentos cruciales de la discusión. Un ejemplo de ello se da al final del episodio de la Figura 1, donde la intervención del profesor desencadena rápidamente la aparición de modelos más sofisticados que se habían perdido a lo largo de la discusión.

CONCLUSIONES

Nuestra investigación muestra que la secuencia de enseñanza-aprendizaje usada, siguiendo el ciclo de modelización propuesto (Garrido Espeja, 2016), y en un contexto educativo que promueve las discusiones en grupos pequeños entorno a fenómenos paradigmáticos, es un escenario fructífero para que se de una actividad de modelización rica y para hacer evolucionar los modelos de los futuros maestros hacia otros más sofisticados y cercanos a los científicos escolares.

La participación desorganizada en las prácticas de modelización i el avance y retroceso que se da en las versiones del modelo expresadas por los futuros maestros nos indica que el proceso de modelización es mucho más dinámico y complejo de lo que pensábamos y se ha sugerido en la literatura (Clement, 2008; Schwarz et al., 2009), y que los futuros maestros necesitan involucrarse en todas las prácticas de modelización todo el tiempo para poder construir un modelo científico escolar clave como el modelo materia. Aunque la construcción del modelo materia-partícula no es fácil para los futuros maestros, existe una tendencia global de evolución positiva. Como consecuencia, podemos concluir que se necesita mucha discusión para alcanzar niveles altos del modelo, en general de manera no permanente y con fuertes diferencias individuales.

Nuestra investigación también sugiere la influencia clave del rol del profesor en las discusiones grupales (por ejemplo, al pedir a los participantes que expliquen sus conclusiones), que parece ser crucial para ayudar a los futuros maestros a pasar a versiones más complejas de su modelo. Esto es especialmente importante si queremos que construyan modelos conceptuales clave como el modelo materia-partícula, que son complejos pero a su vez centrales en la educación científica (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; NRC, 2012).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad del gobierno español (EDU2015-66643-C2-1-P) y por el grupo de investigación TIREC (2014 SGR 942).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLEMENT, J. J. (2008). Student/Teacher Co-construction of Visualizable Models in Large Group Discussion. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model Based Learning and Instruction in Science* (pp. 11–22). Dordrecht: Springer.
- CORCORAN, T., MOSHER, F. a, & ROGAT, A. (2009). *Learning Progressions in Science: An Evidence-based Approach to Reform. CPRE Research Reports*.
- DAVIS, K. S. (2003). “Change is hard”: What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. *Science Education*, 87(1), 3–30.
- DISSA, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In *Constructivism in the computer age* (pp. 49–70). New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers.
- DUSCHL, R. A., & GRANDY, R. E. (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- GARRIDO ESPEJA, A. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica*. Universitat Autònoma de Barcelona.

- GUTIERREZ, R., & PINTO, R. (2010). From Mental Models to Scientific Models: Similarities in Structures and its Importance in Scientific Knowledge Construction. In *GIREP-ICPE-MPTL 2010 International Conference* (pp. 80–81).
- HARLEN, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Gosport, Hants, UK.
- Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12, 27–43.
- NRC. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Board on Science Education, Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- (2012). *A framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- OSBORNE, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196.
- REISER, B. J. (2013). What Professional Development Strategies Are Needed for Successful Implementation of the Next Generation Science Standards? *Invitational Research Symposium on Science Assessment*.
- SCHWARZ, C. V., REISER, B. J., DAVIS, E. A., KENYON, L., ACHÉR, A., FORTUS, D., ... KRAJCIK, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
- SMITH, C. L., WISER, M., ANDERSON, C. W., & KRAJCIK, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic-molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective*, 4(1–2), 1–98.
- TALANQUER, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions: The case of “structure of matter.” *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123–2136.